FRP Course

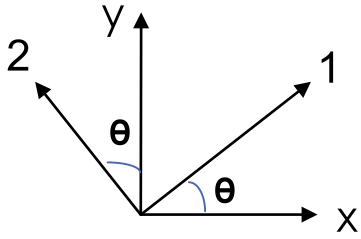
البوليمرات المُسلحة بالألياف

Email : youssuf.elfarmawy@gmail.com
Facebook : youssuf.elfarmawy@live.com
Phone : 01112550515
Website : youssufelfarmawy.wordpress.com

لا تنسونـــا صالح الدُعـــــــــــــــــــاء

Strength characteristics :

*سنختصر المُنشأ في Plate , لكن سنجعل الألياف به مائلة بزاوية θ و سيتم التأثير عليه بإجهادات σ_{xy} ، σ_y ، σ_x , و بالتالي الهدف هو تحديد هل هذا الـ Plate آمن أو غير آمن تحت تأثير الأحمال المؤثرة عليه .



*يتم تحليل هذه القوى في الاتجاه الذي توضع به الألياف و الذي تم تحديدُه بناءًا على الأحمال الواقعة على الـ Plate .

*إذا كانت المقاومة أكبـر من الأحمـال يكون آمـن

و إذا كانت المقاومة أقل من الأحمال يكون غير آمن .

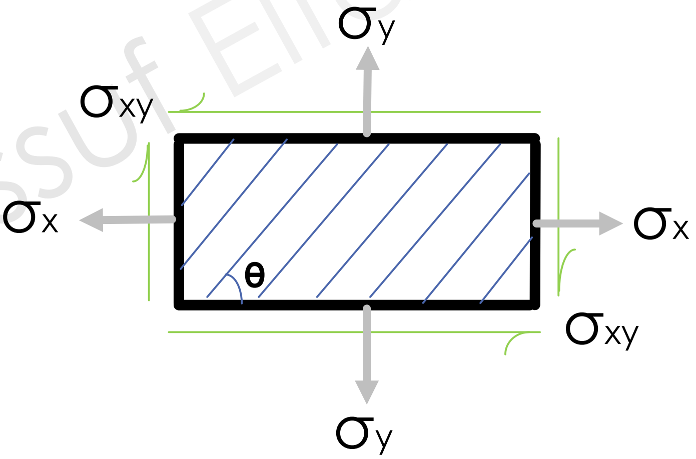


Plate in general case

يتم تحديد مدى أمان القطاع من عدمُه من خلال اتباع الخطوات التالية:

1- حساب مقاومة القطاع في الاتجاهين 1 و 2 .

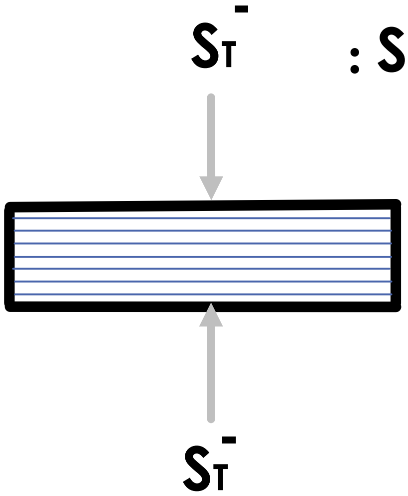
2- تحليل الأحمال الخارجية المؤثرة على القطاع في اتجاه المحورين 1 و 2 .

3- مُقارنة الأحمال مع المُقاومة و على أساسها يُحدّد هل هو آمن أم لا .

Youssuf Elfarmawy

1- حساب مقاومة القطاع في الاتجاهين 1 و 2 :

أ- مقاومة الضغط في اتجاه عمودي على الألياف S_T^- :



الذي يقاوم هذا الضغط هو البوليمر و الذي يُعرّف

بــ Compressive strength of polymer

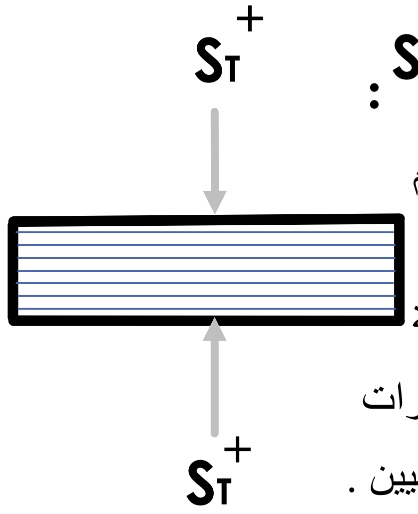
ب- مقاومة القصّ S_{LT} :

الذي يقاوم القصّ هو البوليمر , رغم أن الألياف تقاوم

بنسبة حوالي 5% لكن يتم إهمالها , و بالتالي يُعرّف

بــ Shear strength of polymer

جــ مقاومة الشدّ في اتجاه عمودي على الألياف S_T^+ :



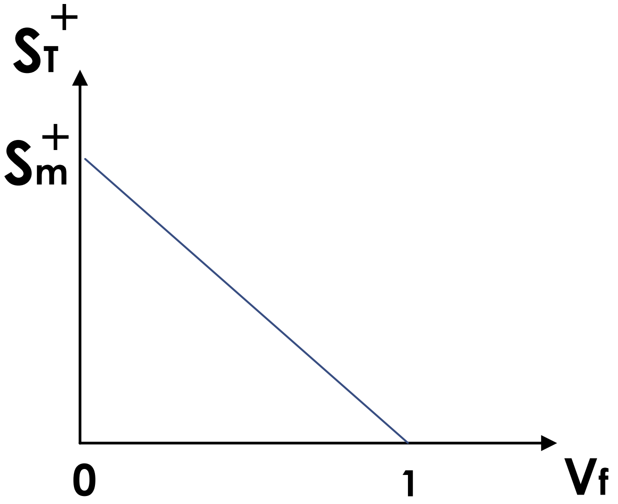
الذي يُقاوم هذا الشدّ هو البوليمر , لكن تتأثر قوة الشد بحجم

الألياف الموجودة بالقطاع , فإذا كانت نسبة الألياف 0%

فهذا معناه أن البوليمرات تُقاوم بـ100% أي أقصى مقاومة

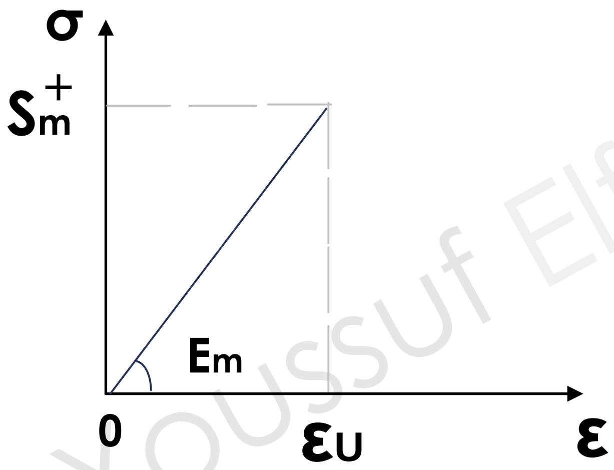
وإذا كانت نسبة الألياف 100%فمعناه أنه ليس هُناك بوليمرات

و بالتالي ليس هُناك مقاومة لهذا الشدّ العلاقة و القانون التاليين .



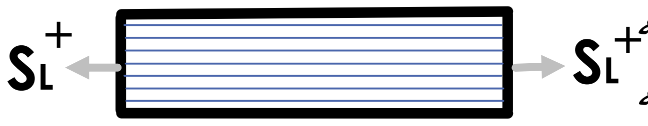
$$S_T^+ = S_m^+ * (1+V_f)$$

من المُمكن أن تكون S_m^+ مجهولة و غير مُعطاه مُباشرة , فيكون مُعطى ε_U & E_m فنضربهم معًا فنحصُل على S_m^+ , و يُمكن توضيح ذلك من العلاقة التالية .



د ـ مقاومة الشدّ في اتجاه موازي للألياف S_L^+ :

الذي يُقاوم هذا الشدّ هو الألياف مع البوليمرحيث سيُقاوم كُلا منُهم بنسبة مُعينة , تعتمـــد على الذي يحـدُث لــه انهيار أولًا , فالذي سينهارأولا سيُقاوم بكامل مقاومتــه

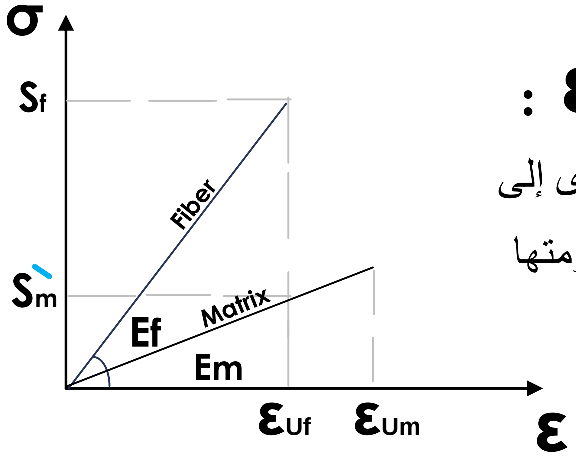


أما الأخر في هذه الحالة سيُقاوم بجزء فقط من مُقاومته حتى حدوث انهيار للأخر , و التالي سيكون لدينا ثلاث حالات سيتم دراستهُم حسب قيمة الاستطالة الحادثة للألياف و البوليمر , فالذي يحدُث له استطالة أقل هو الذي سينهار أولًا و بالتالي يُقاوم بكامل مُقاومته , أما الأخر و الذي له استطالة أعلى سيُقاوم بجُزء من مُقاومته فقط , و بالتالي في النهاية الاعتماد يكون على نسبة استطالتيهما .

Youssuf Elfarmawy

1- في حالة انهيار الألياف أولًا $\varepsilon_{um} > \varepsilon_{uf}$:

نتيجة استطالة البوليمر الأكبر من استطالة الألياف أدى إلى انهيار الألياف أولًا و بالتالي تُقاوم الألياف بكامل مقاومتها و يُقاوم البوليمر بجزء من مُقاومته فقط .

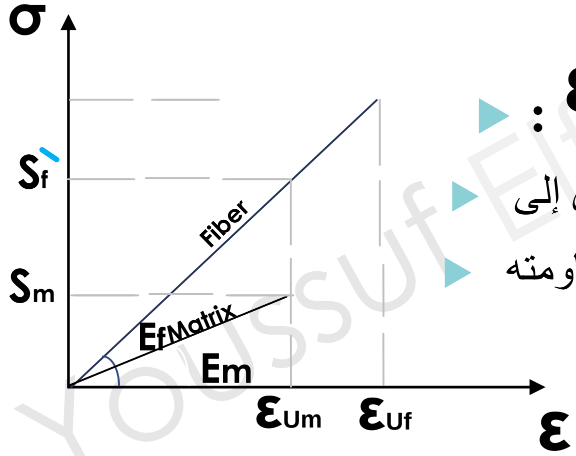


$$S_L^{+} = S_f * V_f + S_m' * V_m$$

لحظة الكسر للألياف تُقاوم الألياف بـــ S_f
بينما تُقاوم البوليمرات بـــ S_m'

2- في حالة انهيار البوليمر أولًا $\varepsilon_{um} < \varepsilon_{uf}$:

نتيجة استطالة البوليمر الأقل من استطالة الألياف أدى إلى انهيار البوليمر أولًا و بالتالي يُقاوم البوليمر بكامل مقاومته و تُقاوم الألياف بجزء من مُقاومتها فقط .

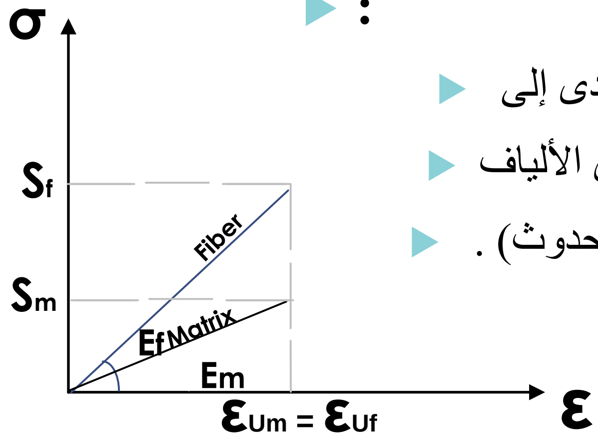


$$S_L^{+} = S_f' * V_f + S_m * V_m$$

لحظة الكسر للبوليمر عندها تُقاوم الألياف بـــ S_f'
بينما تُقاوم البوليمرات بـــ S_m

3- في حالة انهيار البوليمر و الألياف معًا $\varepsilon_{um} = \varepsilon_{uf}$:

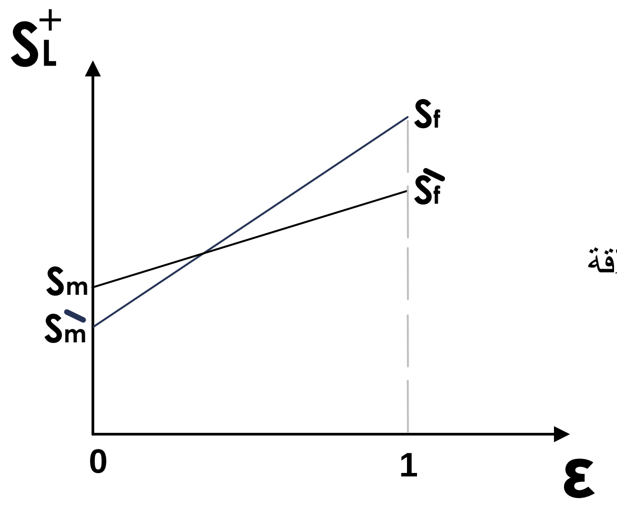
نتيجة استطالة البوليمر المُساوية لاستطالة الألياف أدى إلى انهيار البوليمر و الألياف معًا و بالتالي يُقاوم كُلًا من الألياف و البوليمر بكامل مُقاومتيهما (حالة نظرية صعبة الحدوث) .



$$S_L^{+} = S_f * V_f + S_m * V_m$$

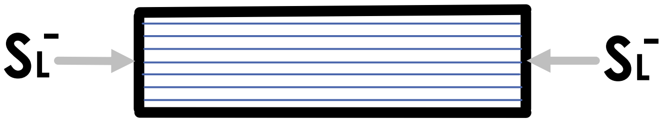
> أفضل حالة هي الحالة الأولى لأن الألياف تُقاوم بكامل مُقاومتها بينما البوليمر بجُزء من مُقاومتها فقط .

Youssuf Elfarmawy



*من خلال قانوني الحالة الأولى و الثانية يُمكن استنتاج علاقة تأثير نسبة الألياف على مُقاومة الشد في اتجاه الألياف .

هـ - مقاومة الضغط في اتجاه موازي للألياف S_L^- :

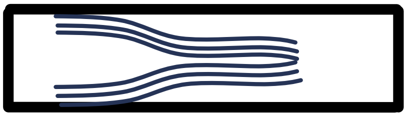


يتواجد أكثر من شكل للإنهيار نتيجة هذا الحمل , حيث يكون له 4 أشكال للانهيار لكُل منهُما قانونٌ خاص سيتم دراستهُم و اختيار الأقل من بينهم و ذلك ليكون آمن مع جميع حالات الانهيار .

- **A- In phase buckling :**

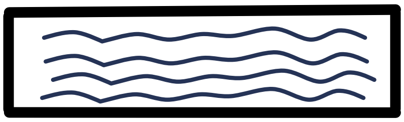
$$S_L^- = \frac{G_m}{1 - V_f}$$

- **B- Out of plane buckling :**



$$S_L^- = 2\,V_f * \sqrt{\frac{V_f * E_m * E_f}{3(1 - V_f)}}$$

- **C- Splitting :**



$$S_L^- = \frac{E_1 * S_T^+}{E_2 * \nu_{21}}$$

- **D- Shear :**

$$S_L^- = 2\,(S_{f12} * V_f + S_{m12} * V_m) \leq 2\,S_{m12}$$

في أغلب الحالات هو الذي ينكسر على أقل حِمل

*بذلك نكون قد حسبنا الخمس مُقاومات , لكنها على المحورين الرأسي والأفقي , لذلك يجب تحليلها في الاتجاه المائل و ذلك لأن الإجهادات المؤثرة تؤثر بزاوية باتجاه **θ** .

2- تحليل الأحمال الخارجية المؤثرة على القطاع في اتجاه المحورين 1 و 2 :

$$\begin{pmatrix} \sigma_1 \\ \sigma_2 \\ \sigma_{12} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} C^2 & S^2 & 2CS \\ S^2 & C^2 & -2CS \\ -CS & CS & C^2-S^2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \sigma_x \\ \sigma_y \\ \sigma_{xy} \end{pmatrix}$$

C : Cos
S : Sin

و بالتالي من خلال المصفوفات يُمكن استنتاج ثلاث مُعادلات كالتالي :

$$\sigma_1 = C^2\sigma_x + S^2\sigma_y + 2CS\,\sigma_{xy}$$

$$\sigma_2 = S^2\sigma_x + C^2\sigma_y - 2CS\,\sigma_{xy}$$

$$\sigma_{12} = -CS\sigma_x + CS\sigma_y - C^2 - S^2\sigma_{xy}$$

3- مُقارنة الأحمال مع المُقاومة و على أساسها يُحدّد هل هو آمن أم لا

و يتم ذلك بطريقتين :

A- Interaction criteria :

$$\frac{\sigma_1^2}{S_L^2} - \frac{\sigma_1\sigma_2}{S_L^2} + \frac{\sigma_2^2}{S_T^2} + \frac{\sigma_{12}^2}{S_{LT}^2} \leqslant 1$$

To be safe

و نعوّض بـ S_L^+ أو S_L^- حسب إشارة σ_1

و نعوّض بـ S_T^+ أو S_T^- حسب إشارة σ_2

Youssuf Elfarmawy

B- Max stress criteria :

$\sigma_1 < S_L^{\pm}$

$\sigma_2 < S_T^{\pm}$ **To be safe** يجب أن يتم تحقيق الثلاث شروط معًا

$\sigma_{12} < S_{LT}$

يُمكن تمثيل الطريقتين كالتالي :